

ZUR PASSGENAUIGKEIT EDELMETALLREDUZIERTER
LEGIERUNGEN IM VERGLEICH ZU DEGUDENT U®

Uwe Peters

Diss
München
1986

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. dent. E. Kraft

ZUR PASSGENAUGKEIT EDELMETALLREDUZIERTER
LEGIERUNGEN IM VERGLEICH ZU DEGUDENT U®

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Uwe Peters

aus Hamburg

München 1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. E. Kraft

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 06.05.1986

MEINER FAMILIE
GEWIDMET



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547927_0045

ZUR PASSGENAUIGKEIT EDELMETALLREDUZierter LEGIERUNGEN
IM VERGLEICH ZU DEGUDENT U®

	<u>Seite</u>
1. <u>Einleitung und Problemstellung</u>	1
2. <u>Literaturübersicht</u>	3
2.1. Legierungsentwicklung und Preisentwicklung .	3
2.2. Vertragswerke der GKV	8
2.3. Paßgenauigkeit von Zahnkronen	10
3. <u>Material und Methode</u>	15
3.1. Untersuchungsmaterial	15
3.2. Prüfstümpfe	18
3.3. Arbeitsanleitung zur Herstellung der Prüfstücke auf den Prüfstümpfen	20
3.4. Die Vermessung der Prüfstücke auf den Koni nach dem Guß	25
3.5. Oxidation der Prüfstücke und Vermessung nach der Oxidation	27
3.6. Wachsprüfkörper	28
3.7. Zusammenfassung der Arbeitsabläufe	29
4. <u>Ergebnisse</u>	30
5. <u>Statistische Auswertung</u>	39
6. <u>Zusatzversuch</u>	50
7. <u>Diskussion der Ergebnisse</u>	53
8. <u>Zusammenfassung</u>	60
<u>Schrifttum</u>	62

1. Einleitung und Problemstellung

=====

Die zu verarbeitenden Metalle in der Zahnheilkunde und der Zahntechnik sind stets unter drei grundlegenden Aspekten ausgesucht und getestet worden:

1. Verträglichkeit für den Patienten
2. Verarbeitungsmöglichkeiten der Metalle
3. Wirtschaftliche Aspekte.

Diese drei wichtigen Forderungen sollen für alle beteiligten Interessengruppen in Übereinstimmung gebracht werden. Der Zahnarzt und der Patient fordern zu Recht eine absolute Mundbeständigkeit der Metalle, Korrosionsfestigkeit, Paßgenauigkeit sowie gute Korrektur- und Reparaturmöglichkeiten.

Der Zahntechniker verlangt eine gute Verarbeitungsmöglichkeit (mit nichttoxischen Werkstoffen) und gute Bearbeitungsmöglichkeiten sowie beste Haltbarkeit.

Der Patient und die Krankenkassen schätzen ein nicht zu teures Metall (oder Metallverbindung).

Das Gold, als Hauptbestandteil der dentalen Legierungen, ist zunehmend als Kostenfaktor in der prothetischen zahnärztlichen Versorgung anzusehen. Die Kostendämpfungsmaßnahmen in der gesetzlichen Krankenversicherung müssen sich deshalb auch mit der Möglichkeit eines gleichwertigen Ersatzes dieses Metalls beschäftigen.

Von den Legierungsherstellern werden nun außer den bekannten hochgoldhaltigen Legierungen die edelmetallreduzierten Legierungen zur Auswahl gestellt.

Hochgoldhaltige Legierungen sind in der Vergangenheit über Jahrzehnte hinsichtlich ihrer Korrosionsbeständigkeit, Verarbeitungsfähigkeit und Paßgenauigkeit erprobt.

Durch die Anwendung neuer Dentallegierungen stellen sich erneut die Fragen nach der Verträglichkeit, der Verarbeitungsmöglichkeit und der künftigen Wirtschaftlichkeit dieser Legierungen. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich durch die "neue" Paßgenauigkeit der edelmetallreduzierten Legierungen. Die Antwort der Industrie findet sich in der Legierungsgruppe der edelmetallreduzierten "Standardlegierungen".

In der vorliegenden Arbeit soll aus der Vielzahl der aufgetretenen Fragen nur die Paßgenauigkeit der edelmetallreduzierten Legierungen im Vergleich zu der hochgoldhaltigen Legierung Degudent U[®] untersucht werden. Diese Materialien werden ausschließlich für die Herstellung zahnärztlicher Metallkeramikronen verwendet.

Daher soll geklärt werden, ob die zu testenden Legierungen bei gleicher Verarbeitung unterschiedliche Passungen ergeben. Darüber hinaus soll erörtert werden, warum Veränderungen vorliegen und wie man diesen eventuell begegnen kann.

2. Literaturübersicht

=====

2.1. Legierungsentwicklung und Preisentwicklung

Verfolgt man die Entwicklung der Metallverbindungen oder Legierungen, die bisher in der Zahnheilkunde und Zahntechnik verwendet wurden, fällt auf, daß bestimmte Metalle in Form von Legierungen oft verwendet werden (FALCK (12); GRÜNDLER (15); KNISCHEWSKI (19); SPERNER (37)).

Die Goldschmiedetechnik befaßte sich zunächst mit dem Biegen, Prägen und Stanzen von Metallen. Legierungen aus Gold, Silber und Kupfer wurden um die Jahrhundertwende verwendet. Die Einführung der Platinmetalle (z. B. Palladium, Platin) schuf später die Möglichkeit abgestufter mechanischer Eigenschaften der Metallverbindungen in weiche und mittelharte Legierungen; die Elastizität und Mundbeständigkeit der Legierungen wurde zudem erhöht. Gold-Legierungen mit Platin-Gehalten von mehr als 10 % haben eine große Härte und sind damit schwer verarbeitbar (KNISCHEWSKI (19)).

Aus wirtschaftlichen Gründen folgte nach 1930 die Palladium-Gold-Legierung und später 1933 die Palladium-Silber-Legierung, da Platin anstelle von Palladium bzw. Gold anstelle von Silber zu teuer wurde bzw. nicht verfügbar war.

Zur Zeit des Zweiten Weltkrieges kamen nur noch silberreiche Legierungen zur Anwendung (Silber-Cadmium-Legierungen). Diese wurden zunächst auch nach dem Kriege noch verwendet. Die sich allmählich erholende wirtschaftliche Situation ließ in den 50er Jahren nach und nach wieder hochgoldhaltige Legierungen in der Zahnheilkunde zu. Ihre Qualität in bezug auf Mundbeständigkeit und Verarbeitung war bis dahin unübertroffen.

Die Degussa® entwickelte in der Reihe der Gold-Platin-Legierungen Standardlegierungen wie Degulor® A, I, B, S,

C, M, Mo ..., die auch alle Indikationsgebiete abdeckten. Für die Metallkeramik kamen 1962 hochgoldhaltige Legierungen hinzu (DEGUSSA[®](4); EICHNER (9); SPERNER (37)).

Es folgten Degudent[®]G, N, H, U. Diese Legierungen wurden in den 60er und 70er Jahren überwiegend für die Verblendmetallkeramik verwendet (DEGUSSA[®](4)). (Als Beispiel wird die Produktpalette der Firma Degussa[®]aufgeführt; ähnliches gilt für andere Hersteller dentaler Legierungen.)

Die Nachfrage nach metallkeramischen zahnärztlichen Leistungen stieg von 1974 an stark an, was vor allem für die Krankenkassen durch steigende Goldpreise eine zunehmende Kostenbelastung auf dem Materialsektor bedeutete (EICHNER (9); SPERNER (37)). Anhand von Tabellen soll die Preisentwicklung für Feingold (Tab. 1), der Goldverbrauch in der BRD für Dentalzwecke (Tab. 2), der Goldgehalt der sechs Legierungen (Tab. 3) sowie deren Preisentwicklung pro Gramm (Tab. 4) dargestellt werden (DEGUSSA[®](4)).

Tab. 1: Feingold-Durchschnittspreis pro Jahr

(Degussa[®]-Verkaufspreise, unbearbeitet, ohne Mehrwertsteuer, aus Basis London fixing)

1977	DM	11.485,51 / kg
1978	DM	12.915,53 / kg
1979	DM	18.290,89 / kg
1980	DM	36.552,12 / kg
1981	DM	33.627,49 / kg
1982	DM	29.899,33 / kg
1983	DM	35.140,08 / kg

Tab. 2: Goldverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland
für Dentalzwecke
(lt. Consolidated Gold Fields Limited)

1977	24,7 t
1978	27,0 t
1979	28,0 t
1980	25,2 t
1981	23,0 t
1982	20,0 t
1983	15,5 t

Tab. 3: Goldgehalt der untersuchten Legierungen

Legierung	Au-Gehalt
Degudent U [®]	77,3 %
Degudent U 94 [®]	76,0 %
Deva 4 [~]	51,1 %
Pors-on 4 [®]	-
Degubond 4 [®]	49,6 %
Bond-on 4 [®]	1,0 %

Preisentwicklung per Gramm	1977		1978		1979		1980		1981		1982		1983		1984	
	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.	1.1.	1.7.
Degudent U [®]	15,60	15,00	15,60	15,70	16,60	20,90	35,00	38,90	39,60	36,70	33,50	28,70	37,40	36,70	37,60	36,80
Degudent 94 [®]													36,10	35,70	36,50	35,80
Deva 4											23,80	20,60	26,00	27,50	29,20	28,90
Pors-on 4														12,50	14,60	14,70
Degubond 4 [®]											22,80	19,70	25,20	26,20	27,50	27,00
Bond-on 4 [~]														15,60	18,60	18,60

Tab. 4: Preisentwicklung für alle untersuchten Legierungen von 1977 - 1984

Seit 1980 nimmt die Verwendung von edelmetallreduzierten Legierungen für die Aufbrenn-Keramik stetig zu. Tab. 5 gibt hierüber eine Übersicht (FACHVEREINIGUNG EDELMETALL (11)).

Tab. 5: Prozentuale Anteile der hochgoldhaltigen und der edelmetallreduzierten Keramik-Legierungen in der BRD (1980 - 1983)

Jahr	1980	1981	1982	1983
H E M (hochedelmetall- haltige Legierung)	92 %	85 %	45 %	26 %
E M R (edelmetallredu- zierte Legierung)	8 %	15 %	55 %	74 %

Als Folge dieser Entwicklung sanken die Aufwendungen der RVO- und Ersatzkassen für Edelmetallegierungen von im Jahre

1981:	1.217 Mio. DM	auf im Jahre
1982:	869 Mio. DM	und werden sich im Jahre
1983: auf ca.	500 Mio. DM	reduzieren.

(FACHVEREINIGUNG EDELMETALL (11))

2.2. Vertragswerke der GKV

Die derzeitigen Verträge zwischen den Krankenkassen und der KZV bestimmen eine 60 %ige Labor- und Materialkostenübernahme für die Krankenkassen und einen 40 %igen Eigenanteil des Patienten an den o. g. Kosten des Zahnersatzes (DIE ORTSKRANKENKASSE (6)). Durch die stärkere finanzielle Inanspruchnahme des Patienten an den Labor- und Materialkosten ist auch von seiten der unmittelbaren Nachfrage ein größeres Kostenbewußtsein eingetreten (FACHVEREINIGUNG EDELMETALL (11)).

Mit in folgenden dokumentierten Verträgen bzw. Vereinbarungen zwischen Krankenkassen und Zahnärzten (KZV) sollte eine Senkung der Materialpreissteigerungen im Bereich der prothetischen Patientenversorgung erreicht werden (DIE ORTSKRANKENKASSE (6)).

*Richtlinien des Bundesausschusses der Zahnärzte und Krankenkassen für eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche kassenzahnärztliche Versorgung mit Zahnersatz und mit Zahnkronen vom 25. November 1977:

"12. Es sollen nur solche Werkstoffe verwendet werden, die klinisch erprobt sind und bei denen ausreichend gesichert ist, daß sie der Gesundheit nicht schaden, den chemischen und physikalischen Einwirkungen im Munde widerstehen und der zu erwartenden Beanspruchung genügen. Die Erprobung von Werkstoffen auf Kosten der Versicherungsträger ist unzulässig.

a) "Bei der Versorgung mit Brücken und mit Zahnkronen sollen in der Regel verwendet werden:

dentale Edelmetall-Legierungen mit weniger als 75 %, aber nicht weniger als etwa 60 % Massengehalt an Gold- und Platinmetallen, wobei der Massengehalt an Gold mindestens 50 % betragen soll;

Der Rest besteht aus Silber und Unedelmetallen.
Der Gehalt an Unedelmetallen darf 20 % nicht
übersteigen.

Abweichend hiervon sollen bei Verblendung mit Porzellanmaßen dentale Edelmetall-Legierungen mit weniger als 95 %, aber nicht weniger als etwa 75 % Massengehalt an Gold- und Platinmetallen verwendet werden.

Für Verbindungselemente sollen edelmetallreduzierte Legierungen verwendet werden, wenn dies funktionell und technologisch vertretbar ist.

Edelmetallfreie Legierungen und dentale Edelmetall-Legierungen, deren Massengehalt an Gold und Metallen der Platingruppe unter den in Satz 1 und 2 genannten Grenzen liegt, können verwendet werden, wenn der Zahnarzt dies im Einzelfall bei entsprechender Indikation für angezeigt hält."

2.3. Zur Paßgenauigkeit von Zahnkronen

Die Zahnkrone bzw. deren Rand markiert im Munde des Patienten einen "locus minoris resistentiae" gegen den Angriff der dort vorhandenen Säuren und Mikroorganismen (PRZETAK (29); SIDLER (35)). Die Wiederherstellung der Zahnkrone muß also unter strengen Passungskriterien erfolgen (BINUS (3); EINFELDT (10); KERSCHBAUM (17); KÖRBER (20); KRAFT (21); RATEITSCHAK (30); REHBERG (31); REHBERG (32); WEIKART (42)).

Es ist daher zunächst nötig, den Begriff der Paßgenauigkeit zu definieren. Wir kennen in der Zahnheilkunde drei verschiedene Passungen von Gußobjekten auf deren Originalstümpfen (EINFELDT (10); WEIKART (42)):

1. die Spielpassung
2. die Übergangspassung
3. die Preßpassung.

zu 1:

Die Spielpassung läßt einen unausgefüllten Raum frei zwischen der Innenwand der Krone und dem Originalstumpf.

zu 2:

Die Übergangspassung liegt in der Toleranzgröße zwischen Spiel- und Preßpassung.

zu 3:

Die Preßpassung liegt vor, wenn die Krone zu eng ausgefallen ist und deshalb zu fest auf dem Originalstumpf sitzt.

In der Zahnheilkunde benötigen wir einen geringen Raum zwischen der Krone und dem Originalstumpf, um Zahnrestaurationen einzuzementieren (DEMMELE (5); EINFELDT (10));

FUCHS (14); JANKE (16); REHBERG (31); REHBERG (32); SIDLER (35); WEIKART (42). Ohne diese Möglichkeit wäre es bei gegossenen Kronen nicht möglich, den Zahn nachhaltig vor Zerstörung zu schützen, da durch kleine Spalten zwischen Krone und Zahnstumpf schädigende Einflüsse auf den Dentinkörper einwirken (FUCHS (14); KERSCHBAUM (17); KÖRBER (20); KRAFT (21); LEHMANN (23); PRZETAK (29); RATEITSCHAK (30); REHBERG (31)). Bei der Zahnpräparation werden die Odontoblastenfortsätze angeschnitten. Es entsteht eine offene Wunde, die gegen das Mundmilieu durch Zement dicht verschlossen werden muß (PRZETAK (29); SIDLER (35)). Dieser gewollte Raum zwischen Krone und Stumpf ist somit für den Zement notwendig, der den beschliffenen Zahnkörper in einer definierten Stärke umgibt, abdichtet und die Krone am Ort hält.

Der Freiraum zwischen Krone und Stumpf sollte nach DREYER-JÖRGENSEN (8) 15 μm , nach WEIKART (42) 25 μm und nach EINFELDT (10) 30 μm nicht übersteigen. Die benötigte Zementstärke ist abhängig von der Korngröße des Zementes, d. h. von dem Durchmesser der einzelnen Zementkörner. Diese können nicht weiter komprimiert werden, um die Schichtdicke des Zementes zu verkleinern. Somit ist der Minimalspalt und damit die Größe der Spielpassung festgesetzt. Die Spielpassung darf jedoch nicht dazu führen, den Gußkörper auf dem Stumpf frei bewegen zu können; er muß eine definierte Lage auf dem beschliffenen Körper einnehmen (LEHMANN (23); MEINERS (25)).

Die Korngröße der heutigen Zemente beträgt 8 - 30 μm (EINFELDT (10); JANKE (16); SIDLER (35)). Nach EINFELDT (10) sind Spalten bis in den Bereich 50 μm mit spitzer Sonde und dem bloßen Auge gerade noch erkennbar. REHBERG (31) zeigt durch den Vergleich mit einem Haar (50 μm), daß der Betrachter auch Spalten von 10 - 15 μm mit Licht und Sonde noch erfassen kann. Dies bedeutet, daß man in der gewünschten Größenordnung von 10 bis 30 μm durchaus

eine gute Kontrollmöglichkeit besitzt. Für die Praxis ist diese Tatsache unter in vivo-Bedingungen sehr wichtig, um die restaurative Qualität besser beurteilen zu können. Die Nichteinhaltung strenger Passungskriterien kann außer Karies auch parodontale Schäden begünstigen (KERSCHBAUM (17); KÖRBER (20); KRAFT (21); RATEITSCHAK (30); REHBERG (31); SIDLER (35); VOSS (39)).

Zervikale Überstände (KERSCHBAUM (17); RATEITSCHAK (30)), Retentionsräume mit Detritus (KRAFT (21)); eingebissene Speisereste (KERSCHBAUM (17)), zu hohe und zu niedrige Kronen (KERSCHBAUM (17); KRAFT (21)), Frühkontakte (KERSCHBAUM (17); KRAFT (21)), Gleithindernisse (KRAFT (21)), fehlende Kontaktpunkte (KÖRBER (20); KRAFT (21)), poröse Werkstoffe (KRAFT (21)) und ihre negativen Folgen auf Zähne und Kiefer sowie Kiefergelenk sind in der Literatur beschrieben. Alle hier aufgezählten Fehler hängen zu einem großen Teil von der Paßgenauigkeit nach dem Zementieren der Rekonstruktionen ab.

Angesichts der präzisen Vorstellungen über die zu fordernden Passungen des Kronenersatzes muß gefragt werden, wie man sie in der Praxis regelmäßig herstellen kann. Da bis heute für die Metallkeramik-Kronen keine einheitlichen Normen erarbeitet wurden (FRANZ (13); WEBER (41)), ist der Zahnarzt (Zahntechniker) auf seine Ausbildung, die Fachliteratur, eigene technische Erprobungen sowie auf die Angaben der Material- und Legierungshersteller angewiesen. Die Literatur behandelt die zahnärztlichen Arbeitsschritte ebenso wie die zahntechnischen, da sie in der Herstellungskette untrennbar miteinander verknüpft sein müssen.

Für die Zahnpräparation wird von BIFFAR (2), DEMMEL (5), DREHER (7), KIMMEL (18) und VOSS (39) eine Hohlkehlform als zervikaler Abschluß empfohlen. Der Einfluß materieller Ungenauigkeiten beginnt mit der Abformung des Zahnstumpfes (VOSS (39)). Die Kontraktion des Abformmaterials

muß durch eine Expansion des Modellgipses ausgeglichen werden. BIFFAR (2) stellt fest, daß die Modellstümpfe schon kleiner geraten können als das Original. MEINERS (24, 25, 26, 27) empfiehlt in seinen Arbeiten, keine Wachsentspannung nach der Modellation der Kronen vorzunehmen, da es zu einem Gleiten des Wachses auf dem Modell und zu Verziehungen und Verzerrungen kommt. Ein sofortiges Einbetten der Wachskronen wird von ihm bevorzugt. ANDERSON (1) stellt ebenfalls starke Wachsverformungen in Abhängigkeit von der Raumtemperatur fest. Eine lineare Kontraktion des Wachses von 4 % wird von EINFELDT (10) angegeben. Allein durch diese Ungenauigkeit kann sich bei einer 5 mm großen Krone eine Verkleinerung von 200 µm ergeben. Das vom Zahntechniker durchzuführende Abziehen der modellierten Krone vom Gipsstumpf ist mit individuellen Fehlern behaftet (SOBKOWIAK (36)).

Eine notwendige Oberflächenentspannung erzeugt eine weitere Kontraktion des Wachsoberjektes, bevor es eingebettet wird. Die Einbettmasse wiederum muß die erwähnten Kontraktionen durch eine Expansion ausgleichen (MEINERS (24); WAGNER (40); WEBER (41)). Hierbei addieren sich die Abbindeexpansion und die thermische Expansion zur Gesamtexpansion der Einbettmasse (WAGNER (40)). Die thermische Expansion der Einbettmasse ist abhängig von der Temperatur der vorgewärmten Muffel im Vorwärmofen (DEGUSSA®(4)). Die Abbindeexpansion ist von dem Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit und der Konzentration der Flüssigkeit abhängig (DEGUSSA®(4); WAGNER (40)). Der Schmelzvorgang der Legierungen und das nach dem Gießen erfolgende Erstarren der Metallverbindungen ist für Legierungen ungleicher Zusammensetzung unterschiedlich (FRANZ (13)).

Aufgrund der Verarbeitungstemperaturänderungen, der Materialchargenschwankungen und der individuellen Fehlermöglichkeiten des Zahntechnikers ergibt sich eine Schwankung von mindestens 1 % in der schließlich gemessenen Passung, bezogen auf den Durchmesser der Krone (WEIKART (42)).

Verändert man einzelne Materialien oder Mischungsverhältnisse, muß es zu noch größeren Schwankungen kommen (WAGNER (40); WEBER (41)).

GRÜNDLER (15) und KROPP (22) erzielen mit hochedelmetallhaltigen Legierungen passendere Kronen als mit edelmetallreduzierten Legierungen. WEBER (41) stellt bei edelmetallreduzierten Legierungen eine höhere feste Schwindung und mehr Verwerfungen fest.

SCHWICKERATH (34) schließlich fordert für die Herstellung von Kronen aus edelmetallreduzierten Legierungen mehr zahntechnische Routine und das Ausrichten aller Hilfsmittel auf die neuen Legierungsanforderungen.

Die Paßgenauigkeit von eingliederungsfähigen Zahnkronen in den Mund des Patienten hängt also von einer Vielzahl von Faktoren ab, und die von WEIKART (42) angegebenen 60 Ursachen der Mißerfolge bei zahnärztlichen Güssen sind ein Hinweis darauf, während des Verarbeitungsablaufes möglichst viele Fehlermöglichkeiten auszuschließen.

SCHWICKERATH (33) und SOBKOWIAK (36) erprobten ein Modellgußsystem für die Herstellung von Gußkronen und erzielten damit gute Ergebnisse.

3. Material und Methode

=====

3.1. Untersuchungsmaterial

Zu unserer Untersuchung werden sechs Legierungen der Firma Degussa® für die Aufbrennkeramik herangezogen.

Tab. 6: Aufstellung der untersuchten Legierungen

		Au-Pt- Gehalt %	Au-Gehalt %
Degudent U®	- hochedelmetall- haltig (HEM)	96,1	77,3
Degudent U 94 ^o	- edelmetall- reduziert (EMR)	94,6	76,0
Degubond 4 ^o	- "	78,7	49,6
Deva 4 ^o	- "	89,8	51,1
Bond-on 4 ^o	- "	82,5	1,0
Pors-on 4 ^o	- "	57,9	-

Für die Definition - ob eine Legierung für keramisch verblendete Kronen bzw. Brücken der HEM- oder der EMR-Gruppe angehört - sind allein die Gold-Platin-Metallgehalte maßgebend, wobei die Grenze mit 95,0 % Gold-Platin-Metallgehalt angegeben ist.

Degudent U® überschreitet diese Marke und gehört damit der HEM-Gruppe an.

Degudent U 94[°] liegt nur sehr knapp unterhalb der 95 %-Schwelle und zählt bereits zur EMR-Gruppe.

Alle folgenden Legierungen liegen mit ihrem Gold-Platin-Gehalt weit unterhalb dieser Grenze und sind somit EMR-Legierungen.

Alle Legierungen gehören dem extraharten Typ an. Degudent U[°] und Degudent U 94[°] haben eine blaßgelbe Farbe, während alle übrigen weiß sind.

Sämtliche sechs Legierungen sind für Kronen und Brücken-gerüste für die Metallkeramik zu verwenden.

Die folgenden Tabellen machen Angaben über die Herausgabedaten sowie die technischen Daten aller sechs Legierungen.

Tab. 7: Herausgabedaten der sechs untersuchten Legierungen

Degudent U [°]	-	April	1967
Degudent U 94 [°]	-	Oktober	1982
Deva 4	-	Dezember	1981
Pors-on 4 [°]	-	Mai	1983
Degubond 4 [°]	-	Dezember	1981
Bond-on 4 [°]	-	Mai	1983

3.2. Prüfstümpfe

Als Prüfstümpfe für die Versuche fanden drei Koni Verwendung, die okklusal und zervikal mit definiertem Anschlag verschraubt werden können. (Im Innern der Koni verläuft dazu eine Schraube.) Die eindeutige Lage des Wachs-/Gußobjektes ist durch eine lange Kerbe über die gesamte Länge des Konus garantiert (Abb. 1 und 2).

Dieser Prüfstumpf erlaubt eine Randspaltablesung bei zu engen Gußobjekten und ebenfalls bei zu großen und weiten Gußobjekten durch eine jeweils geänderte Verschraubung, die genau reproduziert werden kann (Abb. 3). Die Prüfstümpfe sind aus Werkzeugstahl gefertigt und seit längerer Zeit in ständigem Gebrauch der Firma Degussa (DEGUSSA® (4); WAGNER (40)).

Da diese Prüfstümpfe niemals völlig identisch hergestellt werden können und ein Prüfstück nur auf dem Konus beurteilbar ist, auf dem es angefertigt wurde, war es notwendig, die Prüfstümpfe und Prüfstücke mit jeweils 1, 2, 3 zu kennzeichnen. Hierdurch garantiert sich die korrekte Beurteilung eines jeden Prüfstückes auf dem dazugehörigen Prüfstumpf (Abb. 3).

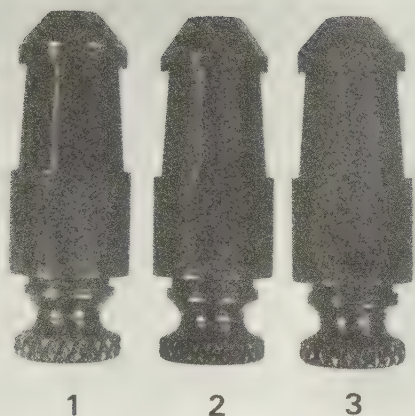


Abb. 1: Drei Metallkoni in verschraubtem Zustand,
bereit zur Aufnahme des Modellwaxes.
Die vertikale Führungskerbe ist sichtbar.
(Kennzeichnung 1, 2,3)

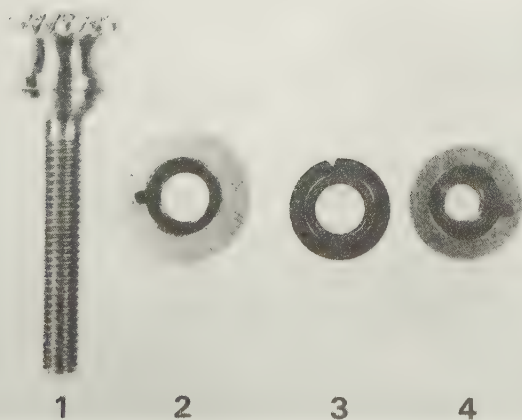


Abb. 2: In seine Einzelteile zerlegter Konus
1. Innenschraube
2. Zervikalstop
3. Modellierkonus mit Führungskerbe
4. Inzisalstop

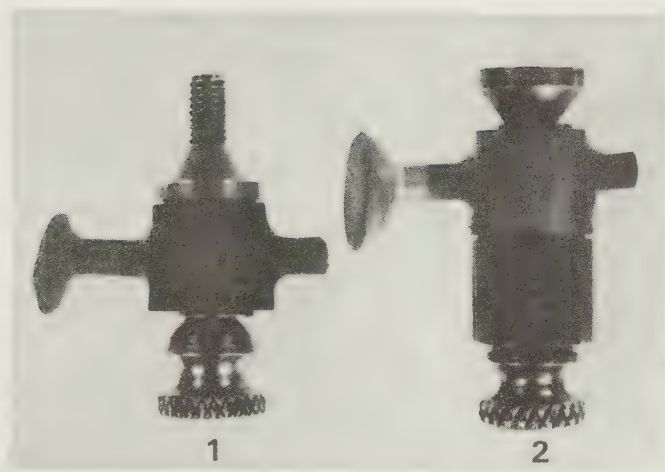


Abb. 3: Aufgesetzte Metallprüfkörper

Verschraubung 1: Meßbarkeit eines inzisalen
Spaltes; Krone zu weit

Verschraubung 2: Meßbarkeit eines zervikalen
Spaltes; Krone zu eng

3.3. Arbeitsanleitung zur Herstellung der Prüfstücke auf den Prüfstümpfen

Die Prüfstümpfe wurden in zusammengeschraubtem Zustand auf ca. Handtemperatur (30 - 35°C) erwärmt, um die Kontraktion des später aufzutragenden Wachses bei Kontakt mit dem Konus möglichst gering zu halten. Ein dünner Isolierfilm (Isolit®) wurde mit dem Pinsel auf den Konus aufgetragen.

Über dem Bunsenbrenner mäßig erwärmtes Unterzieh wachs (Plastodont U®) bildet die erste Wachsauflage auf der Konusfläche. Plastodont G® als Gußwachs folgte nach derselben Weise in zwei Schichten. Die mit den okklusalen Rändern der Anschläge abschließenden Wachszonen so-

wie die gesamte Wachsoberfläche wurden bündig und parallel zu dem Konusverlauf geglättet. Es ergab sich dadurch eine Wachsschichtstärke von 0,8 mm (Abb. 4).

Die okklusalen und zervikalen Wachsränder verlangten ein erneutes Erhitzen des Wachses und ein exaktes Nachmodellieren der Ränder, so daß diese absolut bündig mit den okklusalen und zervikalen Anschlägen der Konistops abschlossen. Vorsichtig erfolgte das Einritzen der Konusnummer seitlich des geplanten Wachsgußkanales oberhalb der Metallkonusnummer.

Der Wachsgußkanal wurde zylindrisch außen über der Metallkonuseinkerbung angewachst. Ein zweiter, kürzerer (0,5 cm lang) diente als Abziehhilfe auf der gegenüberliegenden Seite des Metallkonus.

Die Prüfstücke waren nunmehr fertiggestellt. Abb. 5 zeigt den erreichten Zustand der Arbeit.

Das Abziehen der Prüfstücke von den Prüfstümpfen mußte mit äußerster Vorsicht geschehen, da sich das Wachs als Modelliermaterial bei geringster Verkantung sehr leicht verzieht und damit das Prüfstück unbrauchbar wird. Für das korrekte Abziehen leistete die angebrachte Abziehhilfe ausgezeichnete Dienste. Eine Kontrolle über diesen Vorgang bot die spätere optische Kontrolle des Gußteiles auf dem Konus. Von okkusal oder zervikal festgestellte nicht an den Metallkonus anliegende Gußobjekte kamen nicht zur Auswertung, da hier Abziehfehler vorlagen (zweimal).



Abb. 4: Ein vom Metallkonus abgezogener Wachsprüfkörper mit Gußkanal (rechts), Abziehhilfe (links) und Führungsrille

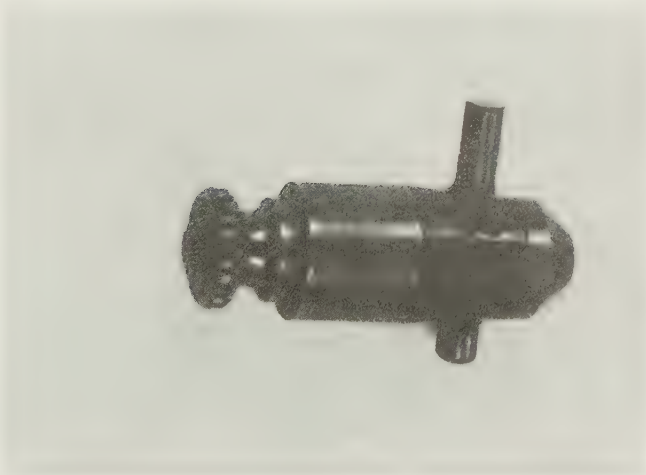


Abb. 5: Ein Wachsprüfkörper auf dem verschraubten Metallkonus nach der Modellation

Die abgezogenen Wachskronenringe wurden nun mit dem Gußkanal auf dem Gußtrichterformer kegelförmig festgewachst und sofort mit Waxit® (Abb. 6) oberflächenentspannt. Das Auspusten des überschüssigen Waxites® erfolgte mit Atemluft, um eine Kältekontraktion (Kompressorluft) zu vermeiden (siehe auch Wachskontraktionen unten).

Die Muffelringe aus Metall erhielten eine Auskleidung mit einer Lage Gußküvetten-Einlagen (Degussa®-asbestfrei). In ein am Boden mit Wasser gefülltes Gefäß gestellt, saugten die Einlagen das zur Befeuchtung notwendige Wasser auf. Nach 30 Sekunden wurden die Muffeln mit den feuchten Einlagen auf eine trockene Filzmatte gestellt, die überschüssiges Wasser daraus entfernte (für 30 Sekunden). Danach wurden die so behandelten Muffeln in die Gußtrichterform mit den angestiftelten und oberflächenentspannten Wachskronen gesteckt. Die Wachskörper waren nun einbettbereit.



Abb. 6: Ein auf dem Gußtrichterformer befestigter Wachskronenring

Eingebettet wurde mit der für diese Legierungen empfohlenen Einbettmasse Deguvest HFG® (Charge Nr. 383156). Die dazugehörige Flüssigkeit fand in einer 75 %igen Konzentration ihre Anwendung. Das Mischungsverhältnis Einbettmassenpulver : Einbettmassenflüssigkeit betrug 100 : 15.

Laut Degussa®-Arbeitsanweisung für die HFG®-Einbettmasse geschah das Mischen Pulver-Flüssigkeit für 30 Sekunden mit einem Spatel von Hand, danach das Anrühren im Multi-vac 3® unter Vakuum 60 Sekunden lang.

Das Einfüllen in die Muffel wurde zügig und ohne Blasenbildung vorgenommen.

Die ersten fünf Prüfkörper einer Legierung wurden bei 21 Grad Celsius Raumtemperatur und einer Verarbeitungsbreite der angemischten Einbettmasse von etwa 4 Minuten 20 Sekunden angefertigt. Die weiteren fünf Prüfkörper jeder Legierung konnten bei 24 Grad Celsius Raumtemperatur und der Verarbeitungsbreite von 2 Minuten 50 Sekunden hergestellt werden.

Die Abbindezeit der Einbettmasse betrug 45 Minuten. Die verwendeten Dreier-Muffeln standen danach 45 Minuten bei 300°C im Auswachs-Ofen zum Austreiben des Wachses aus den Muffeln. Entscheidend für das vorsichtige Vorwärmen der Muffeln war das langsame stufenlose Aufheizen von 300°C als Starttemperatur nach dem Auswachsen bis auf

850°C als Vorwärmtemperatur für die auszugießenden Hohlkörper der zu gießenden Legierungen:
Degudent U® - Degudent U 94® - Degubond 4

900°C als Vorwärmtemperatur für die Legierungen:
Deva 4® - Pors-on 4® - Bond-on 4.

Diese genannten Vorwärmtemperaturen wurden nach 20 Minuten bzw. 22 Minuten erreicht. Die Muffeln blieben bei den oben genannten Temperaturen für 30 Minuten in den Öfen.

Die Legierungen Degudent U[®], Degudent U 94[®], Degubond 4[®] und Deva 4[®] wurden mit der Tigelschleuder (TS 3[®]) bei elektrischem Schmelzvorgang und 1400°C gegossen, wobei die Schmelze für 120 - 180 Sekunden gehalten werden mußte. Die Legierungen Pors-on 4[®] und Bond-on 4[®] (1400°C bzw. 1450°C) erlauben ein Vergießen mit der Propan-Sauerstoffflamme bei ca. 1400°C, wobei die Schmelze 30 - 50 Sekunden weitererhitzt wurde. Ein Flußmittel mußte lediglich Pors-on 4[®] beigegeben werden (DEGUSSA[®](4)). Nach dem jeweiligen Guß kühlten die Muffeln langsam auf Zimmertemperatur ab.

Das Ausbetten der Gußstücke aus der Einbettmasse mußte zwecks Erhaltung der Gußobjektränder sehr vorsichtig geschehen. Deshalb wurden die Gußstücke nicht abgestrahlt, sondern zunächst mittels eines Stichels grob von der Einbettmasse befreit. Zur weiteren Säuberung wurde ein kurzer starrer Pinsel, belegt mit Bimssteinpulver, benutzt. Die Güsse wurden mit Neacid[®] abgebeizt, mit Wasser abgespült und getrocknet. Etwaige kleine Gußperlen konnten mit einem Skalpell auf der Innenseite der Prüfstücke leicht und glatt ohne Schmiereffekte entfernt werden.

3.4. Die Vermessung der Prüfstücke auf den Koni nach dem Guß

Die Vermessungen erfolgten mit dem Carl-Zeiss-Meßmikroskop 50[®] mit 30facher Vergrößerung (Abb. 7). Dabei wurden je nach Passung der Kronenringe positive bzw. negative Randspalten gemessen. Fiel der Kronenring zu eng aus, wurde zervikal der Spalt zwischen Anschlag und Kronenringunterkante gemessen (Abb. 8). War jedoch der Kronenring zu weit ausgefallen, wurde okklusal der Spalt zwischen Anschlag und Kronenringoberkante gemessen (Abb. 9). Die Meßwerte nach dem Guß wurden tabellarisch erfaßt (Tab. 9).

Die erhaltenen Werte wurden in einem Winkel von 90° auf die jeweiligen Koniooberflächen gemessen. Diese Möglichkeit ergab sich durch auf die Kronen-Koniooberfläche einfallendes Grünlicht, welches direkt reflektiert wurde. Als Größenordnung wurde 0,001 mm verwendet.

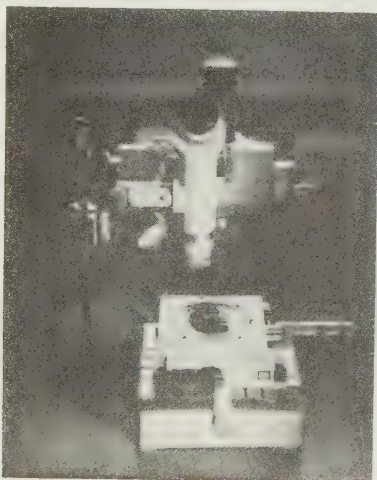


Abb. 7: Carl-Zeiss-Meßmikroskop 50[®]
mit montiertem Meßtisch

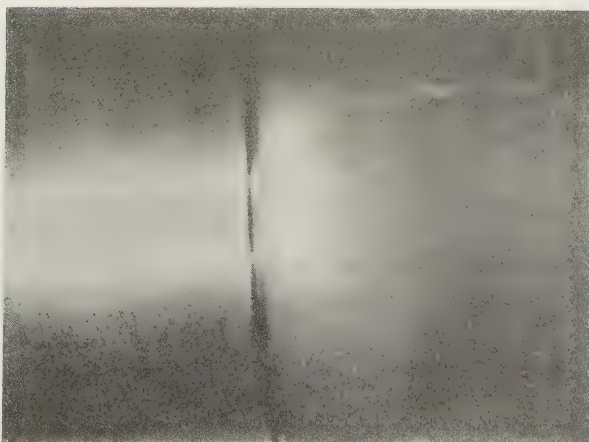


Abb. 8: Konus und Prüfkörper Nr. 3 mit zervikalem Spalt; Vergrößerung 6 : 1

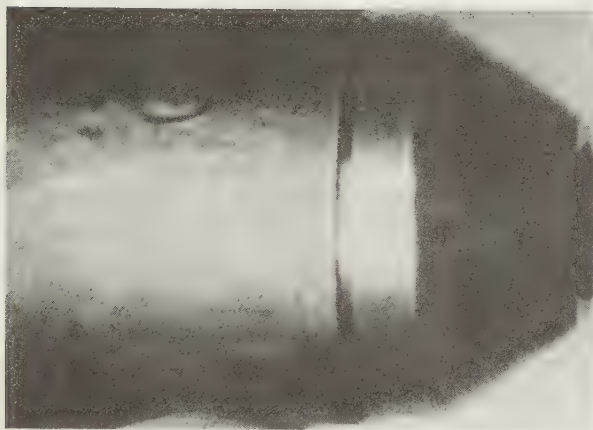


Abb. 9: Konus und Prüfkörper Nr. 2 mit inzisalem Spalt; Vergrößerung 6 : 1

3.5. Oxidation der Prüfstücke und Vermessung nach der Oxidation

Sämtliche Gußkörper wurden nach ihrer Vermessung oberflächenoxidiert. In dem Multimat-Keramikofen erfolgte die Oxidation durch kontinuierliches Erwärmen der Gußstücke auf 980°C. Diese Temperatur wurde für 10 Minuten gehalten und die Prüfkörper danach langsam auf Zimmertemperatur abgekühlt. Es folgte eine weitere Vermessung dieser so oxidierten Gußstücke. Die dabei gewonnenen Werte wurden tabellarisch erfaßt (Tab. 10).

3.6. Wachsprüfkörper

Die Herstellung der oben genannten Wachsprüfkörper erfolgte bis zu deren Anstiftelung auf den Gußtrichterformer in gleicher Weise wie die Legierungsprüfkörper. Die Wachs-kronenringe wurden nach ihrem Abziehen unter dem Carl-Zeiss-Mikroskop 50^o auf den dazugehörigen Stümpfen, wie oben beschrieben, vermessen, mit der Ausnahme, daß sie bei ihrem Aufsetzen gleichmäßig mit 50 p für 5 Sekunden belastet wurden. (Ein Fließen bzw. Dehnen des Wachses wurde dadurch in kontrollierbar gleichen Grenzen gehalten (ANDERSON (1))). Diese Wachsprüfkörpervermessung war für die spätere Beurteilung der Metallgußversuche von Bedeutung. Sie gibt Aufschluß über die Ungenauigkeit bis unmittelbar vor dem Einbetten der Wachskörper.

Nachfolgend eine Übersicht aller Arbeitsschritte in Stichworten. Die Wachsprüfkörper wurden dabei nach Nr. 1 - 9 und 9a) - 9c) behandelt.

3.7. Zusammenfassung der Arbeitsabläufe

1. Erwärmung der Prüfstümpfe auf ca. 35°C (Koni)
 2. Isolieren mit Isolit®
 3. Auftragen des Plastodent U®(eine Schicht)
 4. Auftragen des Plastodent G®(zwei Schichten)
 5. Glätten des Wachskörpers (Stärke: 0,8 mm)
 6. Korrektur: okklusal und zervikal - Glätten
 7. Konusnummer einritzen
 8. Anbringen des Gußkanales und der Abziehhilfe
 9. Abziehen des Wachskonus
 10. Aufsetzen auf den Gußtrichterformer und
Wachsentspannung (Waxit®)
 11. Behandlung der Muffeln mit Einlage und Wasser
 12. Zusammenfügen des Wachskonus/Gußtrichterformer-
Muffelringe
 13. Einbetten (HFG®) 75 %, Pulver-Flüssigkeit: 100:15
 14. Abbinden 45 Minuten
 15. Auswachsen der Muffeln bei 300°C 45 Minuten
 16. Vorwärmen der Muffeln 300°C - 850°C/900°C in
20 - 22 min.; Halten für 30 Minuten
 17. Schmelzen und Gießen bei den genannten Temperaturen
mit der Tiegelschleuder bzw. Propan/Sauerstoff
 18. Abkühlen der Muffeln auf Raumtemperatur
 19. Ausbettvorgang
 20. Abbeizen (Neacid®) und Abspülen mit Wasser, Trocknen
 21. Vermessen der Gußstücke nach dem Guß auf den
dazugehörigen Koni
 22. Oxidieren der Gußstücke bei 980°C für 10 Minuten
 23. Abkühlen der Gußstücke auf Raumtemperatur
 24. Vermessen der Gußstücke nach der Oxidation
-
- 9a) Vermessen der Wachskoni nach 5, 10, 15 Minuten
- 9b) Wachsentspannung der Wachskoni (Waxit®)
- 9c) Vermessen der Wachskoni nach insgesamt nun
20 und 30 Minuten
-

4. Ergebnisse

=====

Grundsätzlich ist festzustellen, daß diese Arbeit nicht die manuelle Bearbeitung der fertigen Gußkoni umfaßt und damit auch keine Urteile über Schwierigkeiten bei deren Metallbearbeitung abgeben kann. Beurteilt werden kann jedoch die Passung der Prüfkörper auf den Prüfstümpfen, ohne sie dabei mehr zu bearbeiten, als Artefakte wie z. B. Gußbläschen gründlich zu entfernen.

Die Prüfkörper der sechs Legierungen liegen nach dem Guß und der notwendigen Reinigung mit folgenden Meßdaten vor:

Tab. 9: Meßdaten nach dem Guß

L e g i e r u n g e n

Prüf- körper- nummer	Degubond 4 [®]	Deva 4 [®]	Pors-on 4 [®]	Bond-on 4 [®]	Degudent U 94 [®]	Degudent U [®]
1	0,0420	0,1200	-0,1780	0,0300	0,3210	0,2960
2	0,0960	0,0560	-0,0340	0,1540	0,2990	0,3130
3	0,0000	0,1270	-0,0130	0,1460	0,2360	0,3700
4	0,0940	0,1810	0,0540	0,0000	0,0980	0,5780
5	0,1380	0,0900	0,0970	0,0970	0,1260	0,4980
6	0,0300	-0,1700	0,2825	-0,0150	-0,1625	0,1300
7	0,1050	-0,2975	-0,1100	0,2100	0,0650	-0,1975
8	0,0000	0,0000	-0,1525	0,0000	0,0000	0,0000
9	0,0000	-0,1025	0,1900	0,0225	0,0000	-0,1125
10	0,0300	0,0000	-0,1250	0,1300	0,0000	0,2600

Zu weit ausgefallene Prüfkörper haben kein, zu eng ausgefallene Prüfkörper haben ein negatives Vorzeichen erhalten.

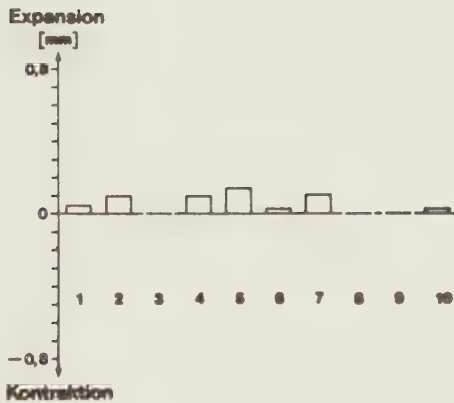


Abb. 10: Meßdaten für Degubond 4° in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach dem Guß

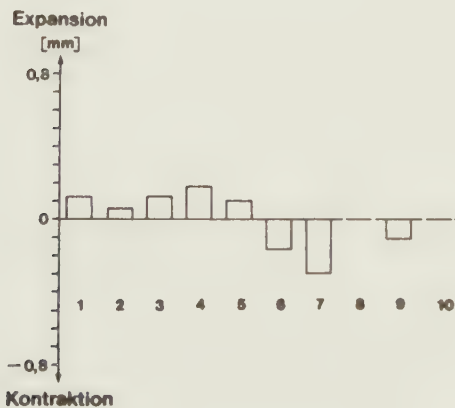


Abb. 11: Meßdaten für Deva 4° in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach dem Guß

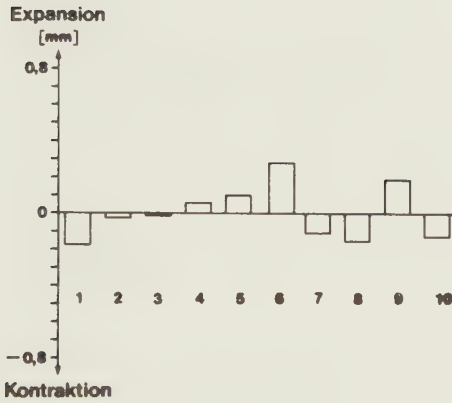


Abb. 12: Meßdaten für Pors-on 4° in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach dem Guß

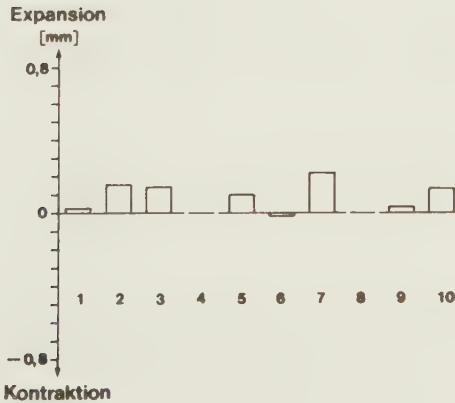


Abb. 13: Meßdaten für Bond-on 4° in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach dem Guß

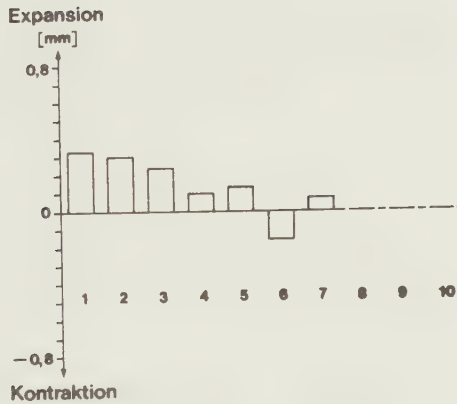


Abb. 14: Meßdaten für Degudent U 94® in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach dem Guß

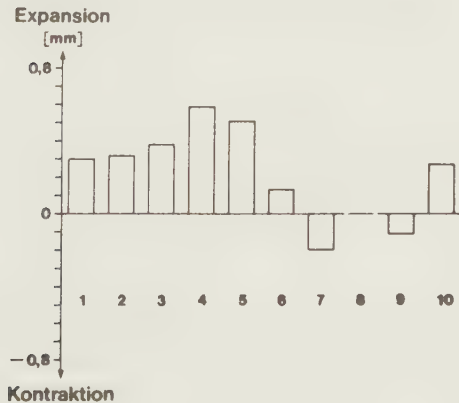


Abb. 15: Meßdaten für Degudent U® in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach dem Guß

Die Ergebnisse nach der Oxidationsbehandlung derselben Prüfkörper stellten sich wie folgt dar:

Tab. 10: Meßdaten nach der Oxidation

Prüf- körper- nummer	L e g i e r u n g e n					
	Degubond 4°	Deva 4°	Pors-on 4°	Bond-on 4°	Degudent U 94°	Degudent U°
1	0,0000	0,0560	-0,2660	-0,0430	0,2620	0,5400
2	0,0140	0,0080	-0,1650	0,0540	0,3040	0,3230
3	-0,1800	0,0810	-0,1780	0,0000	0,1690	0,3220
4	0,0240	0,1210	-0,1340	-0,1510	0,0000	0,5140
5	0,0780	0,0600	-0,0900	-0,0210	0,1360	0,3990
6	-0,0425	-0,2300	0,1300	-0,1525	-0,1300	0,1525
7	0,0000	-0,3875	-0,2975	0,1800	0,1000	-0,1550
8	-0,1225	0,0000	-0,3100	0,0000	0,0000	-0,0700
9	-0,0675	-0,1750	-0,0825	0,0000	0,0000	-0,1600
10	-0,0475	0,0000	-0,2450	0,1525	0,0000	0,2340

Zu weit ausgefallene Prüfkörper haben kein, zu eng ausgefallene Prüfkörper haben ein negatives Vorzeichen erhalten.

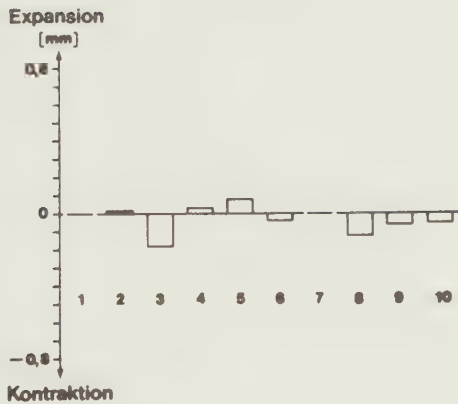


Abb. 16: Meßdaten für Degubond 4® in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach der Oxidationsbehandlung

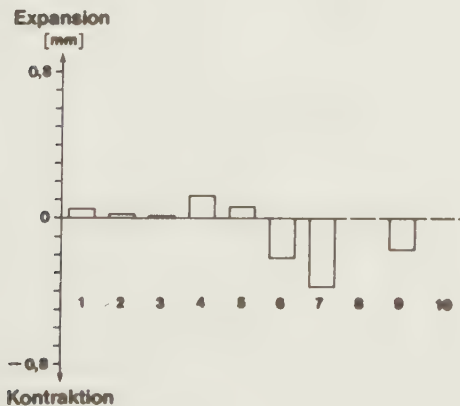


Abb. 17: Meßdaten für Deva 4® in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach der Oxidationsbehandlung

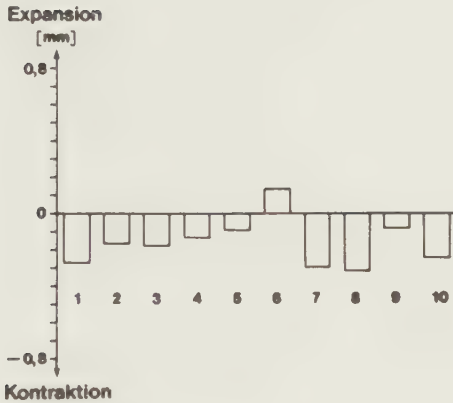


Abb. 18: Meßdaten für Pors-on 4° in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach der Oxidationsbehandlung

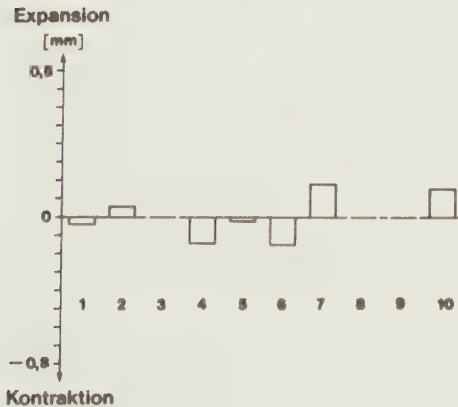


Abb. 19: Meßdaten für Bond-on 4° in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach der Oxidationsbehandlung

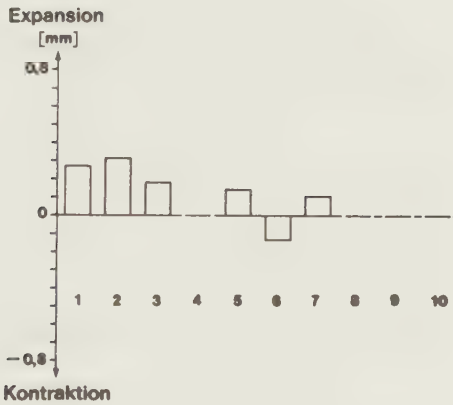


Abb. 20: Meßdaten für Degudent U 94® in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach der Oxidationsbehandlung

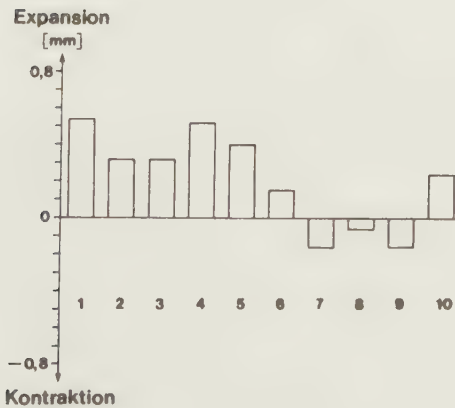


Abb. 21: Meßdaten für Degudent U® in graphischer Darstellung;
10 Prüfkörper nach der Oxidationsbehandlung

5. Statistische Auswertung =====

Zu einer Verdeutlichung der Ergebnisse gehört deren rechnerische Aufbereitung.

Zunächst wurden die Mittelwerte unter allen zehn Meßwerten pro Legierung gebildet:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad 1)$$

Die Standardabweichung errechnet sich nach der Formel:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad 2)$$

Die Varianzen errechnen sich nach der Formel:

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1} \quad 3)$$

Die Standardabweichung und die Varianz ergeben Aufschluß über die Streuung innerhalb der einzelnen Meßreihen pro Legierung.

Tab. 11: Prüfkörperergebnisse nach dem Guß

	Mittelwerte nach Formel 1)	Standardab- weich. nach Formel 2)	Varianz nach Formel 3)
Degubond 4®	0,0535	0,0506	0,0026
Deva 4®	0,0004	0,1499	0,0225
Pors-on 4®	0,0011	0,1535	0,0236
Bond-on 4®	0,0775	0,0796	0,0063
Degudent U 94®	0,0983	0,1519	0,0230
Degudent U®	0,2135	0,2549	0,0649

Tab. 12: Prüfkörperergebnisse nach Oxidation

	Mittelwerte nach Formel 1)	Standardab- weich. nach Formel 2)	Varianz nach Formel 3)
Degubond 4®	-0,0344	0,0753	0,0056
Deva 4®	-0,0466	0,1632	0,0266
Pors-on 4®	-0,1638	0,1315	0,0173
Bond-on 4®	0,0019	0,1089	0,0119
Degudent U 94®	0,0841	0,1351	0,0183
Degudent U®	0,2100	0,2613	0,0683

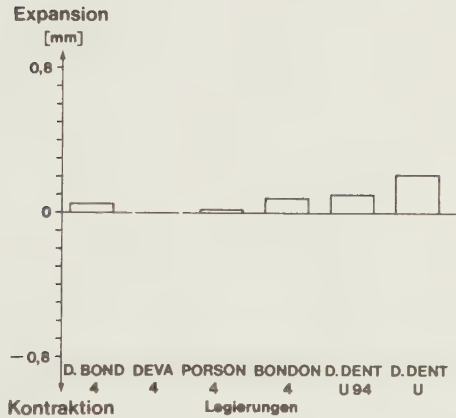


Abb. 22: Mittelwerte der 10 Prüfkörperergebnisse nach dem Guß für jede der sechs untersuchten Legierungen

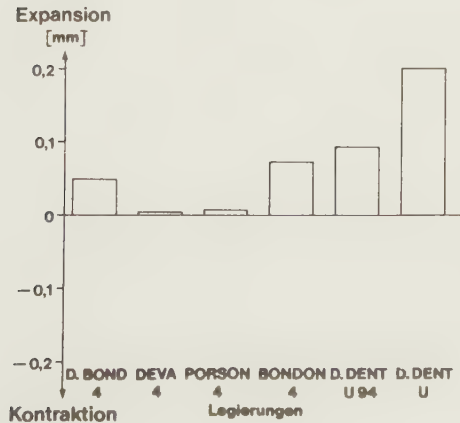


Abb. 23: Mittelwerte der 10 Prüfkörperergebnisse nach dem Guß für jede der sechs untersuchten Legierungen

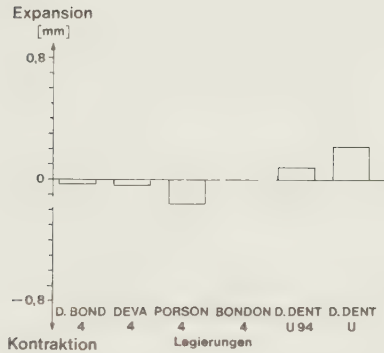


Abb. 24: Mittelwerte der 10 Prüfkörperergebnisse nach der Oxidationsbehandlung für jede der sechs untersuchten Legierungen

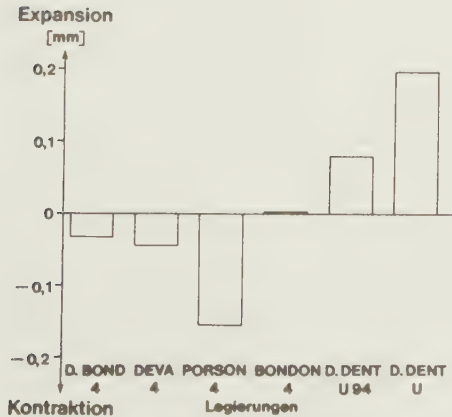


Abb. 25: Mittelwerte der 10 Prüfkörperergebnisse nach der Oxidationsbehandlung für jede der sechs untersuchten Legierungen

Sämtliche Einzelmessungen der Prüfkörper nach dem Guß sowie nach der Oxidation wurden einer Auswertung durch den "One Way Anova"-Test zugeführt. Dieser Test ergibt noch einmal die Mittelwerte, die Standardabweichungen und die Varianzen für die jeweiligen Legierungen, aber auch den Wert für

$$F(5/54, \alpha \leq 0,05) = 2,6183 \quad (\text{für Prüfk. nach Guß})$$

$$F(5/54, \alpha \leq 0,05) = 6,5571 \quad (\text{für Prüfk. nach Oxidation}).$$

Damit liegen beide Werte für $F(5,54, \alpha \leq 0,05)$ über dem für diesen Test erforderlichen Wert von 2,394 und bestätigen die Signifikanz bei $\alpha \leq 0,05$. Vertrauensbereich = 95 %. Um Signifikanzen zwischen den einzelnen legierungstypischen Mittelwerten der Paßgenauigkeitsversuche darzustellen, wurde der Tukey-Test (TUKEY (38)) zur Anwendung gebracht:

Tab. 13: Tukey-Test für Prüfkörper nach Guß

	Degubond 4 [®]	Deva 4 [®]	Pors-on 4 [®]	Bond-on 4 [®]	Degudent U 94 [®]	Degudent U [®]
Degubond 4 [®]	0,0535	0,0004	0,0011	0,0775	0,0983	0,2135
Deva 4 [®]	0					
Pors-on 4 [®]	0,0531	0				
Bond-on 4 [®]	0,0524	0,0007	0			
Degudent U 94 [®]	0,0240	0,0771	0,0764	0		
Degudent U [®]	0,0448	0,0979	0,0972	0,0208	0	
	0,1600	0,2131	0,2124	0,1360	0,1152	0

Tab. 14: Tukey-Test für Prüfkörper nach Oxidation

	Degubond 4°	Deva 4°	Pors-on 4°	Bond-on 4°	Degudent U 94°	Degudent U°
Degubond 4°	-0,0344	-0,0467	-0,1638	0,0019	0,0841	0,2100
Deva 4°	0					
Pors-on 4°	0,0123	0				
Bond-on 4°	0,1294	0,1171	0			
Degudent U 94°	0,0363	0,0486	0,1657	0		
Degudent U°	0,1185	0,1308	0,2479	0,0822	0	
	0,2444	0,2567	0,3738	0,2081	0,1259	0

Die Differenz zwischen zwei Mittelwerten ist signifikant bei einem gegebenen α -Wert, falls sie dem HSD-Wert gleich ist oder ihn übersteigt (TUKEY (38)).

$$\text{HSD} = q_{\alpha} \sqrt{\frac{\hat{s}_w^2}{N}}$$

Der für die Prüfkörper nach dem Guß geltende HSD-Wert ist 0,204.

Der für die Prüfkörper nach der Oxidation geltende HSD-Wert ist 0,2078.

Es ergeben sich folglich aus dem TUKEY-Test signifikante Unterschiede zwischen den aufgeführten Legierungen nach dem Guß:

Degudent U [®]	--	Deva 4 [®]	(0,2131)	
Degudent U [®]	--	Pors-on 4 [®]	(0,2124)	(HSD = 0,2040)

Es ergeben sich aus dem TUKEY-Test ebenso signifikante Unterschiede zwischen den aufgeführten Legierungen nach der Oxidation:

Degudent U 94 [®]	--	Pors-on 4 [®]	(0,2479)	
Degudent U [®]	--	Degubond 4 [®]	(0,2444)	
Degudent U [®]	--	Deva 4 [®]	(0,2567)	(HSD = 0,2078)
Degudent U [®]	--	Pors-on 4 [®]	(0,3738)	
Degudent U [®]	--	Bond-on 4 [®]	(0,2081)	

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderungen der Spaltbreite aller Legierungen durch die Oxidationsglühung sowie deren jeweiligen Edelmetallgehalt an.

Tab. 15: Veränderungen der Spaltbreiten durch die Oxidation, geordnet nach abnehmendem Au-Pt-Gehalt

	Mittelwert der Differenzen, Spaltbreite nach Oxidation - Spaltbreite nach Guß	Standardabweichung	Edelmetallgehalt in %
Degudent U [®]	-0,0121	0,0969	96,1
Degudent U 94 [®]	-0,0207	0,0418	94,6
Deva 4 [®]	-0,0471	0,0295	89,8
Bond-on 4 [®]	-0,0714	0,0625	82,5
Degubond 4 [®]	-0,0879	0,0394	78,7
Pors-on 4 [®]	-0,1541	0,0557	57,9

Die Beziehung der Veränderung der Spaltbreiten nach der Wärmebehandlung und dem Edelmetallgehalt der Legierungen ist der Abb. 26 entnehmbar.

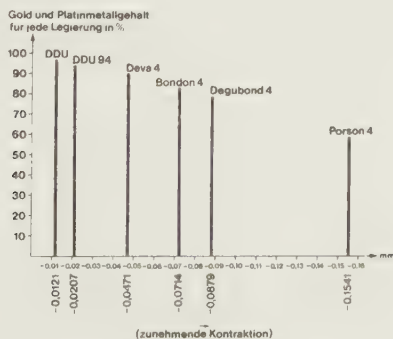


Abb. 26: Mittelwerte der Differenzen (Spaltbreite nach der Oxidation - Spaltbreite nach dem Guß) gegen den Au-Pt-Metallgehalt der Legierungen aufgetragen

Für die gewonnenen, oxidierten Prüfkörper läßt sich nun nach einer von DREYER-JÖRGENSEN (8) oder auch nach einer von MEINERS (24) angegebenen Formel die mögliche Zementstärke berechnen:

$$S = d \cdot \sin \frac{v}{2} \quad (\text{DREYER-JÖRGENSEN})$$

S = Zementkorngroße
 d = inzisaler Spalt
 $\frac{v}{2}$ = Konuswinkel, 4°

$$\Delta r = \Delta h \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{MEINERS})$$

r = Zementkorngroße
(Radiusänderung)
 h = inzisaler Spalt
 α = Konuswinkel, 4°

Die Formeln zeigen, daß die axiale Ungenauigkeit größer ist als die Dicke des Zementfilmes.

Um die nach der Oxidationsbehandlung gewonnenen Werte für die sechs Legierungen richtig beurteilen zu können, sind hier noch einmal alle sechs Mittelwerte und die nach den Formeln von DREYER-JÖRGENSEN (8) und MEINERS (24) ermittelten möglichen Zementkorngroßen tabellarisch erfaßt.

Tab. 16: Mögliche Zementkorngrößen für alle sechs Legierungen

$\bar{x}$ = Spalt nach Oxidation	mögliche Zementkorngrößen [mm]		Steuerung durch den Zahntechniker (Verarbeitung)
	nach $S = d \cdot \sin \frac{\nu}{2}$	nach $\Delta r = \Delta h \cdot \operatorname{tg} \alpha$	
Pors-on 4 [®]	-0,1638	Krone zu eng	Steuerung nötig
Deva 4 [®]	-0,0466	Krone zu eng	Steuerung nötig
Degubond 4 [®]	-0,0344	Krone zu eng	Steuerung nötig
Bond-on 4 [®]	0,0019	0,0001	Steuerung nötig
Degudent U 94 [®]	0,0841	0,006	nur bei großem Zementkorn
Degudent U [®]	0,2100	0,015	keine Steuerung nötig

6. Zusatzversuch

=====

Um die Entwicklung und Veränderung der Wachsprüfkörper darzulegen sowie eingebaute Fehlermöglichkeiten aufzuzeigen und bei der Beurteilung von Gußergebnissen zu berücksichtigen, wurden, wie oben geschildert, Wachsprüfkörper nach der gleichen Weise wie für die Gußstücke hergestellt.

Dieser Versuch ist lediglich als Ergänzung aller übrigen Versuche zu sehen, um eine Vorstellung von den Ungenauigkeiten bei der handwerklichen, individuell geprägten Herstellung der Prüfkörper zu bekommen. Die Streuung dieser Wachskörper ist zwar als Ausgangswert für die Hauptversuche nicht bindend, vermittelt aber eine Vorstellung von der gegebenen Ungenauigkeit vor dem Guß sowie von Veränderungen der Wachskörper vor dem Einbetten in Abhängigkeit von der Zeit, auch insbesondere nach der Waxit®-Behandlung.

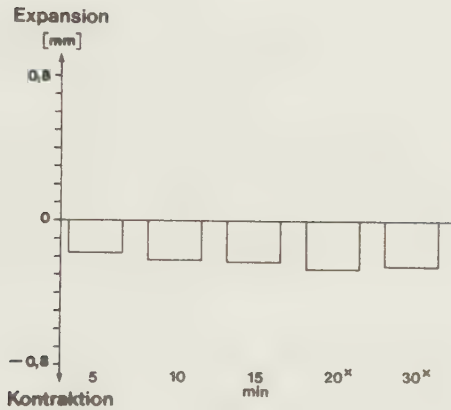
Eine entsprechende Übersicht bietet die folgende Tabelle und die Grafik der Wachsprüfkörpervermessung.

Tab. 17: Wachsringversuche (alle Angaben in mm)

Messung nach:

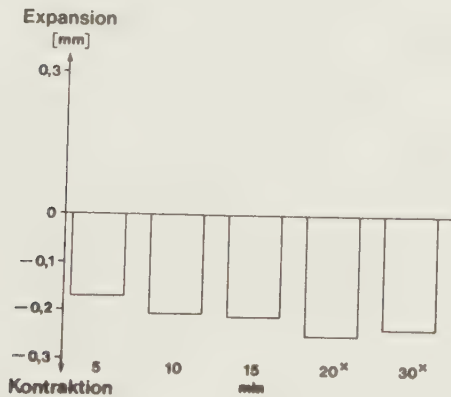
	<u>5 min.</u>	<u>10 min.</u>	<u>15 min.</u>	<u>20 min.*</u>	<u>30 min.*</u>
	-0,1550	-0,1850	-0,2075	-0,2450	-0,2350
	-0,1800	-0,2200	-0,2200	-0,2625	-0,2575
	-0,1775	-0,2000	-0,2050	-0,2650	-0,2100
	-0,1075	-0,1625	-0,1575	-0,2175	-0,2050
	-0,1175	-0,1750	-0,1700	-0,2075	-0,1900
	-0,1175	-0,1625	-0,1700	-0,2150	-0,2075
	-0,1925	-0,2350	-0,2400	-0,2575	-0,2475
	-0,1725	-0,2075	-0,2300	-0,2650	-0,2475
	-0,1850	-0,2125	-0,2250	-0,2700	-0,2500
	-0,1200	-0,1700	-0,1825	-0,2100	-0,2050
	-0,1225	-0,1425	-0,1500	-0,1975	-0,1750
	-0,1600	-0,1825	-0,2075	-0,2400	-0,2225
	-0,2300	-0,2675	-0,2700	-0,3200	-0,3000
	-0,2450	-0,2675	-0,2650	-0,3075	-0,2900
	-0,2475	-0,2700	-0,2850	-0,3225	-0,3025
Mittelwert	-0,1687	-0,2040	-0,2123	-0,2535	-0,2363
Standard- abweichung	0,0468	0,0412	-0,0415	0,0405	0,0394
Varianz	0,0021	0,0016	-0,0017	0,0017	0,0016

* Nach der 15-Minuten-Messung wurden die Wachsprüfkörper mit Waxit® behandelt.



* nach Waxit® -Behandlung

Abb. 27: Mittelwerte der 15 Wachsring-Versuche in graphischer Darstellung zur Verdeutlichung der Kontraktionsverläufe



* nach Waxit® -Behandlung

Abb. 28: Mittelwerte der 15 Wachsring-Versuche in graphischer Darstellung zur Verdeutlichung der Kontraktionsverläufe

7. Diskussion der Ergebnisse

=====

Die Proben dieser Arbeit wurden unter gleichen Verarbeitungsbedingungen hergestellt. Dies schließt aus, daß zu der Optimierung der Ergebnisse im Einzelfall gesteuert vorgegangen wird, um auf die zu erwartenden Eigenarten jeder Legierung einzugehen.

Die Ergebnisse zeigen, daß ein gesteuertes Vorgehen bei der Herstellung von Metallgerüsten für keramisch verblendete Kronen für jede einzelne Legierung unbedingt notwendig ist, da es sonst zu ungenügenden und in der Regel zu engen Gußobjekten kommt. Der direkte Vergleich der ungesteuerten Ergebnisse läßt den Schluß zu, daß sich Degudent U*problemlos nach der Versuchsanordnung verarbeiten läßt. Nach dem Guß ergeben sich signifikant bessere Resultate gegenüber Deva 4* und Pors-on 4*. Degudent U* liefert auch nach der Oxidation signifikant bessere Ergebnisse als Degubond 4*, Deva 4*, Pors-on 4* und Bond-on 4*. Zwischen den oxidierten Gußobjekten aus Degudent U* und Degudent U 94* konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Paßgenauigkeit nachgewiesen werden. Dies ist möglicherweise auf die ähnlichen quantitativen Zusammensetzungen der Legierungen zurückzuführen. Degudent U 94* weist nach der Oxidation auch noch gegenüber Pors-on 4* signifikant bessere Ergebnisse auf. Unter den verwendeten Passungskriterien ergibt sich folgende Rangfolge, wobei Degudent U* die größte und Pors-on 4* die geringste Paßgenauigkeit aufweist:

- | | | |
|-------------------|---|--------------|
| 1. Degudent U* |) | |
| |) | |
| 2. Degudent U 94* |) | Spielpassung |

Übergangspassung

-
- | | | |
|---------------|--|--------------|
| 3. Bond-on 4* | | Presspassung |
|---------------|--|--------------|

-
- | | | |
|----------------|---|----------------|
| 4. Degubond 4* |) | |
| 5. Deva 4* |) | |
| |) | zu enge Kronen |
| 6. Pors-on 4* |) | |

Legt man die Umrechnungsformeln von DREYER-JÖRGENSEN (8) und MEINERS (24) zugrunde, so ergeben nur Degudent U[®] und Degudent U 94[®] ohne Variation der Verarbeitung passende Prüfkörper (nach der Oxidation). Die Zementspaltbreite soll zwischen Krone und Stumpf 5 - 30 µm betragen. Dieser Forderung entspricht Degudent U[®] mit 15 µm, während Degudent U 94[®] mit 6 µm eine gute Passung mit noch engerem Spalt verspricht.

Aufgrund gleicher Behandlung der Prüfstücke und unterschiedlicher Versuchsergebnisse stellten sich folgende Fragen:

1. Welche Eigenschaften führten zu unterschiedlichem Verhalten der einzelnen Legierungen?
2. Welche äußeren Einflüsse waren daran beteiligt?
3. Wie kann der Zahntechniker auf die Passung der Prüfstücke einwirken?

Zu 1:

Von entscheidender Bedeutung ist gewiß das Abkühlungsverhalten. Die Erstarrung der Legierung in der Muffel wird vorrangig von der Zusammensetzung der Legierung bestimmt (EICHNER (9)). EICHNER (9) und WEBER (41) weisen auf Schwindungen während der Abkühlung der Legierungen hin, jedoch werden für die Größenordnung keine detaillierten Daten genannt. In unseren Versuchen wurde festgestellt, daß die Verkleinerung der Proben nach dem Guß für die edelmetallreduzierten Legierungen größer ausfällt als für die hochgoldhaltige Legierung Degudent U.[®]

Für die gezielte Anwendung geeigneter Einbettmassen zum Ausgleich größerer Schwindungen als Degudent U[®] sie aufweist, wird es in der Zukunft nötig sein, für jede einzelne Legierung die Schwindung zu ermitteln. Obwohl die zahnärztlichen Güsse in ihrer komplexen Geometrie Streuungen erwarten lassen (EICHNER (9)), besteht doch zwi-

schen der Gesamtexpansion der Einbettmasse und der Paßgenauigkeit ein eindeutiger, wenn auch nicht straffer Zusammenhang (EICHNER (9); WAGNER (40)), der für eine zahntechnische Steuerung nutzbar gemacht werden kann.

In der Auswertung der Kontraktionsdifferenzen nach dem Guß und nach der Oxidation zeigt sich anhand der Abb. 26 sehr deutlich ein linearer Zusammenhang zwischen dem prozentualen Gold-Platinmetallanteil der sechs Legierungen und deren Kontraktionsgrößen. Danach ist die Kontraktion einer jeden Legierung um so größer, je weniger Gold- und Platinmetallanteile in ihr vorhanden sind. Diese Feststellung ist für die Praxis von großer Bedeutung, denn sie erlaubt das Ablesen der zu erwartenden Kontraktionswerte. Diese Daten wiederum ermöglichen dem Techniker eine gezielte Veränderung des Verarbeitungsablaufes, um eine gute Passung seiner Kronen zu erreichen. Die Kenntnis des gefundenen Zusammenhangs stellt sofort die Forderung nach einer weitaus umfassenderen Untersuchung möglichst vieler dentaler Legierungen auf, da die Ergebnisse für die Praxis von großem Nutzen wären.

Zu 2:

Bei der Behandlung der Wachsprüfkörper ist an dieser Stelle auf ein wichtiges Problem hinzuweisen. Als Zusatzversuche sind Messungen an Wachskoni vorgenommen worden, um zugleich auch die eingebrachte Ungenauigkeit hinsichtlich der Kontraktion des Wachsgemisches zu untersuchen. Unmittelbar nach dem Abziehen (nach fünf Minuten) zeigen die Wachsprüfkörper auf den Metallkoni bereits einen zervikalen Spalt (Verengung) um $\bar{x} = -0,169$ mm, der nach Waxit®-Behandlung größer wurde und schließlich nach 30 Minuten $\bar{x} = -0,236$ mm betrug. Dieses Verhalten ist auf innere Spannungen des Wachses auf dem Konus zurückzuführen (MEINERS (24,26,27)). Dieser Effekt tritt jedoch bei allen Wachsobjekten in gleicher Weise auf und ist somit nicht für das unterschiedliche Ergebnis des Versuches aus-

schlaggebend. Insgesamt sorgt dieses Verhalten für eine Parallelverschiebung aller Werte nach unten und ändert somit nichts an ihrer Vergleichbarkeit (MEINERS (24)). Dennoch kommt für die Praxis der Umgebungstemperatur des Wachses eine wesentliche Rolle zu. Es zeigt sich nämlich während der Versuche bei Raumtemperaturen von 21°C bis zu 24°C, daß das Wachs bei 24°C natürlich weicher zu verarbeiten ist (ANDERSON (1)). Mögliche Streuungen der Gußergebnisse sind sicher auch darauf zurückzuführen, daß geringere oder größere Spannungen in dem Wachs zu diesen Zeitpunkten vorlagen. Da die Wachskoni für eine Serie aller sechs Legierungen zur gleichen Zeit hergestellt wurden, schaffte dieser Fehler gleiche Bedingungen für alle Legierungen. Für die Praxis bedeutet die Raumtemperatur ständig neue Voraussetzungen und ist somit möglichst konstant zu halten, um die Passungen der Gußstücke nicht zu gefährden.

Zu 3:

Zunächst hat der Zahntechniker die Möglichkeit, durch die Wahl des Stumpfmateri als die von BIFFAR (2) gezeigte Verkleinerung des Modellstumpfes zu verhindern. Die Expansionsgröße des Stumpfgipses muß auf die Kontraktionsgröße des Abformmaterials des Zahnarztes abgestimmt sein.

Nach der Modellation auftretende Spannungen im Wachs können durch das Belassen des Wachserüstes auf dem Konus bis zu einem gewissen Grade abgebaut werden (MEINERS (27)).

Die Einbettmasse HFG® (Firma: Degussa®) weist eine Gesamtexpansion von 1,7 - 1,9 % auf. Untersuchungen über die Einbettmassen befassen sich vor allem mit den quantitativen Expansionsgrößen, die für den Ausgleich der Metallkontraktionen verantwortlich sind (MEINERS (24)). Nach der DIN-Vorlage 0013919 von 1976 sollen die Einbettmassen mindestens eine Gesamtexpansion von 1,6 % aufweisen. WAGNER (40) weist deutlich auf eine Korrelation zwischen der Ge-

samtexpansion und der Paßgenauigkeit von Kronenringen hin. Steuerungsmöglichkeiten sind durch das Pulver-Flüssigkeitsverhältnis und die Flüssigkeitskonzentration demnach gegeben. Der Zahntechniker kann hier durch anderes Anmischen steuernd eingreifen. Durch 100 %iges Konzentrat der Flüssigkeit erreicht er eine Gesamtexpansion von 1,9 - 2,1 %. Die Variation der Einbettmas-
sentemperatur soll nach MEINERS (24) ebenfalls Korrekturmöglichkeiten eröffnen. Auch die Wahl einer Einbettmasse mit stärkerer Gesamtexpansion ist für zu eng ausgefallene Güsse denkbar (WEBER (41)). Ein Aspekt zur Umgehung der Wachsveränderung ist die Anfertigung von Stümpfen direkt aus Einbettmasse und deren spätere gemeinsame Einbettung mit den darauf sitzenden Wachskörpern (SCHWICKERATH (33), (34); SOBKOWIAK (36)).

Zusätzliche Untersuchungen wurden durchgeführt, in denen die fertigen Gußstücke nach dem Guß in den Muffeln belastet wurden. Einer zweiten Aufheizphase auf Vorwärmtemperatur für zehn Minuten folgte eine zweite langsame Abkühlung. Die auf diese Weise erfolgte Entspannung in der Original-Einbettmasse-Form sorgte für eine insgesamt geringer ausfallende Metallkontraktion. Dieses Vorgehen ist jedoch nur als Hinweis für weitere Untersuchungen zu verstehen, da die geringe Zahl der Versuche keine weitere Auswertung zuließ. Es wäre zu prüfen, ob die Wärmebehandlung der Gußstücke in der Muffel, in Anlehnung an die DIN-Norm 13906, bei 400 - 500°C brauchbare Ergebnisse liefern kann.

Für die Wärmebehandlung der Muffeln sowie den Gießvorgang empfiehlt es sich, die Anweisungen des Herstellers der Legierungen unbedingt zu befolgen. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang in erster Linie die Einhaltung der angegebenen Temperaturen. Während der Vorbereitung der hier beschriebenen Versuche zeigten sich in den Vorwärmöfen und Gießapparaturen erhebliche Diskrepanzen zwischen der angezeigten und der tatsächlichen Ofen- bzw. Tiegeltemperatur. Es ist deshalb empfehlenswert, eine regelmäßige Kon-

trolle und gegebenenfalls Korrektur der Temperaturangaben aller verwendeten Geräte durchzuführen.

Der Zahnarzt und der Techniker muß aufgrund unserer Ergebnisse die Verkleinerung der Legierungen beachten und in den Verarbeitungsablauf geeignete Steuerungsmöglichkeiten einbauen. Es darf in der Praxis niemals der Fehler begangen werden, die Legierungen einer Indikationsgruppe als gleich passend anzusehen. Jede Legierung ist ein Gemisch unterschiedlicher Metalle verschiedener quantitativer Zusammensetzung. Demnach verlangt jede einzelne Legierung bei ihrer Verarbeitung einen unterschiedlichen Ausgleich ihrer Kontraktionsveränderungen, um optimale qualitative Ergebnisse hinsichtlich ihrer Paßgenauigkeit zu erreichen. Der Legierungshersteller bietet hier Vorgaben und Hilfen zur Verwirklichung dieses Zieles. Auch für den Zahntechniker besteht die Möglichkeit, durch eigene Tests seiner verwandten Legierungen, zumindest bis zum Zeitpunkt der Erstellung einheitlicher Normen, einen Weg zu besseren Passungen der Arbeiten zu erreichen (FRANZ (13)). Es gibt eine Vielzahl von Prüfmethoden für Gußlegierungen, allerdings sind bisher für die Paßgenauigkeit keine verbindlichen Kriterien bzw. Prüfkörper und Meßmethoden entwickelt worden.

Ein Maßstab für die Versorgung des Zahnes mit einer Krone muß der Randschluß der Krone sein. Einige Autoren haben sich speziell mit den Zementspaltbreiten eingesetzter Kronen beschäftigt (WEIKART (42); REHBERG (31); FUCHS (14); JANKE (16); KERSCHBAUM (17)).

Diese Autoren machen für die Neuanfertigung oder Entfernung der Kronen die Sekundärkaries und Randschlußmängel verantwortlich. Angesichts der Angaben von WEIKART (42) über die Chargen-, Temperatur-, Verarbeitungs-, Legierungs- und Einbettmassenschwankungen kommt man zu Gesamtveränderungen von mindestens 1 %. Auf eine Krone von 8 - 10 mm Durchmesser bezogen, würde die Ungenauigkeit demnach 80 -

100 μm betragen. Die Folge wäre ein möglicher Spalt von 40 - 50 μm , der der Aufnahme des Zementes dienen würde. In unseren Versuchen erfüllen Degudent U[®] und Degudent U 94[®] ohne individuelle zahntechnische Steuerung die Forderung von WEIKART (42) nach einem Zementspalt von 10 - 25 μm . Bei allen anderen getesteten Legierungen ist eine angepaßte Steuerung durch den Zahntechniker nach den oben beschriebenen Möglichkeiten zu fordern, um brauchbare Passungen der Kronen zu erreichen.

Die in unserem Versuch getesteten Legierungen zeigen eine klare Rangfolge unter Passungskriterien auf. Legt man jedoch Korrosions- und metallkeramische Verbundfestigkeitskriterien an, so kann sich wiederum eine neue Rangfolge der Legierungen ergeben. Die Tabellen der Hersteller sollten Angaben über das Erstarrungsverhalten, die Korngrößen sowie die Bearbeitbarkeit aufnehmen. Darüber hinaus müßten auch Anmerkungen über das Korrosionsverhalten, die Kosten des Metalls und den relativen Arbeitsaufwand aufgeführt werden, wie dies zum Teil von OSBORNE (28) schon eingeleitet wurde.

WEIKART (42) hat ca. 60 Fehlermöglichkeiten und damit Störgrößen während der Herstellung einer Krone erwähnt; damit ist offensichtlich, wie individuell die Fehler begangen werden können. Es kann nur unser Bestreben sein, so viele Fehlermöglichkeiten wie möglich auszuschalten bzw. auf ein Minimum zu reduzieren. Jeder Zahnarzt und Zahntechniker muß sich folglich ständig mit der Fehlersuche beschäftigen, die individuellen Fehler erkennen und vermeiden. Die alleinige Übernahme der Verarbeitungshinweise der Legierungshersteller genügt hierbei nicht, da diese nur einen kleinen Ausschnitt aller nötigen Arbeitsschritte betreffen. Der Mißerfolg und der Erfolg liegen sicher in den Verarbeitungsvorgängen und damit der Kenntnis der Materialreaktionen. Diese Kenntnisse sind es, die es uns ermöglichen, vor dem Gießen die geeigneten Maßnahmen zu ergreifen, um so auf die zu erwartende Passung der Legierungen einzuwirken und diese zu optimieren.

8. Zusammenfassung

=====

Die sechs geprüften Legierungen weisen unterschiedliche Passungen bei gleicher Verarbeitung auf. Alle Legierungen zeigen nach dem Guß noch positive Werte, was sich jedoch nach der Oxidationsbehandlung deutlich ändert. Die Prüfkörper der Legierungen Degubond 4[®], Deva 4[®], Bond-on 4[®], insbesondere Pors-on 4[®], wurden enger und damit - wegen Fehlens des für den Zement vorgesehenen Spaltraumes - unbrauchbar für eine Verwendung als Kronenmaterial im Munde des Patienten. Durch sinnvolles und abgestimmtes Steuern, d.h. Veränderung der Expansionsgrößen des Stumpfmaterials, der Handhabung des Wachses, der Wahl der Einbettmasse, der Anmischung der Einbettmasse sowie der Art der Einbettung hat der Verarbeiter jedoch für jede der sechs Legierungen die Möglichkeit, die Kronen etwas größer zu gestalten. Die Legierungen Degudent U[®] und Degudent U 94[®] zeigen gute Passungen, so daß keine oder nur sehr geringe Veränderungen der Verarbeitungsweise vorzunehmen sind. Auffallend ist die stärkere Schrumpfung von Degubond 4[®], Deva 4[®], Bond-on 4[®] und Pors-on 4[®] gegenüber Degudent U[®] und Degudent U 94[®] nach der Oxidationsbehandlung. Ergeben sich nach dem Guß lediglich zwischen Degudent U[®] und Deva 4[®] sowie Pors-on 4[®] signifikante Unterschiede, so sind es nach der Oxidation signifikante Unterschiede zwischen Degudent U[®] und allen anderen Legierungen, außer Degudent U 94[®], welches seinerseits eine Signifikanz gegenüber Pors-on 4[®] aufweist. Durch die Wärmebehandlung nach dem Guß werden die Kronenringe im Mittel enger. Die Verengung fällt um so stärker aus, je weniger Gold- und Platinmetallanteile die Legierung enthält (in erster Näherung ist der Zusammenhang linear).

Das genaue Einhalten der Herstellerdaten und eine zahn-technische Feinabstimmung der zu verwendenden Materialien müssen für die Verarbeitung edelmetallreduzierter Legie-

rungen unbedingt gefordert werden. Ein praktikables Modellgußverfahren könnte möglicherweise die gezeigte, relativ starke Wachskontraktion als einen der gravierendsten Unsicherheitsfaktoren ausschließen.

S c h r i f t t u m
=====

1. Anderson, J. N. Applied Dental Materials.
Blackwell Scientific Publications,
London 1976. S. 161.
2. Biffar, R. Einfluß der Präparationsform auf
Sassen, H. die Abformgenauigkeit. Dtsch Zahn-
ärztl Z 38, 158 - 162 (1983).
3. Binus, W. Wege zur Verbesserung der Paßge-
Deutrich, G. nauigkeit zahnärztlicher Gußob-
jekte. Dtsch Stomat 23, 484 - 490
(1973).
4. Degussa® Tabellen über Legierung und Heraus-
gabedaten sowie Preise der 6 Legie-
rungen; Goldverbrauch und Feingold-
Durchschnittspreise.
Frankfurt 19.09.1984.
5. Demmel, H.-J. Der Einfluß verschiedener Zementsor-
ten auf den Randschluß paßgenauer
Kronen. Dtsch Zahnärztl Z 26,
700 - 705 (1971).
6. Die Ortskranken- Mitteilungsblatt 2 - 3.
kasse S. 109 - 113 (1982).
7. Dreher, D. Beschleifen von Zähnen mit erkenn-
Marxkors, R. barer Präparationsgrenze. Dtsch
Zahnärztl Z 27, 714 - 718 (1972).
8. Dreyer-Jørgensen Praktische Anleitungen in odonto-
K. logischer Technologie für Klinik
und Laboratorium, Quintessenz 8,
63 - 69 (1967).

9. Eichner, K. Zahnärztliche Werkstoffe und ihre
Verarbeitung. Dr. Alfred Hüthig
Verlag, Heidelberg 1981.
S. 177 - 227.
10. Einfeldt, H. Paßgenauigkeit gegossener Metall-
arbeiten. Dtsch Zahnärztl Z 24,
1087 - 1093 (1969).
11. Fachvereinigung Edelmetallreduzierte Legierungen
Edelmetall aus der Sicht der Hersteller.
Zahnärztl Mitt, H. 2, 127 - 129
(1984).
12. Falck, K. Einführung in die Werkstoffkunde
für Zahnärzte. J. F. Lehmanns Verlag,
München - Berlin 1937. S. 108.
13. Franz, G. Stand der nationalen und internatio-
nalen zahnärztlichen Normung.
Dtsch Zahnärztl Z 36, 25-29 (1981).
14. Fuchs, W. B. Eine Methode zur Prüfung des Rand-
Mayer, R. schlusses eingesetzter Gußfüllun-
gen. Dtsch Zahnärztl Z 25, 625 - 629
(1970).
15. Gründler, H. Medizinische und technologische
Aspekte dentaler Alternativlegie-
rungen. Quintessenz-Verlags GmbH,
(Berlin 1983), S. 77 - 82.
16. Janke, G. Zur Frage der Filmdicke von Befes-
tigungszementen. Dtsch Zahnärztl Z
25, 1061 - 1064 (1970).
17. Kerschbaum, Th. Die praktische Bewährung von Krone
Voß, R. und Inlay. Dtsch Zahnärztl Z 26,
243 - 249 (1981).

18. Kimmel, K. Die zahnärztliche Präparationstechnik. Grundlagen - Situationsanalyse - Arbeitskonzept. Dtsch Zahnärztl Z 36, 619 - 634 (1981).
19. Knischewski, F. Grundwissen für Zahntechniker, Rau, G. Teil I. Verlag Neuer Merkur GmbH, München 1972. S. 115 - 120.
20. Körber, K.-H. Zahnärztliche Prothetik. Band II. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1975. S. 60 - 157.
21. Kraft, E. Die Gestaltung des Kronenrandes. Dtsch Zahnärztl Z 24, 750 - 757 (1969).
22. Kropp, R. Geeignete Gußlegierungen zur Herstellung von Inlays und Onlays. Dtsch Zahnärztl Z 36, 262 - 264 (1981).
23. Lehmann, K. Einführung in die Zahnersatzkunde. Urban & Schwarzenberg. München - Berlin - Wien 1975. S. 61 - 69.
24. Meiners, H. Temperatureffekte. Zahnärztl Rdsch 9, 448 - 455 (1973).
25. Meiners, H. Zur Genauigkeit von Gußkronen nach Schmid, D. Wachsmoellen auf Tiefziehkäppchen. Dtsch Zahnärztl Z 38, 1037 - 1039 (1983).
26. Meiners, H. Zur Wachsentspannung bei der Anfertigung von Gußkronen. Dtsch Zahnärztl Z 38, 18 - 20 (1983).

27. Meiners, H. Einfluß der thermischen Wachsentspannung auf die Paßgenauigkeit von Gußkronen. Dtsch Zahnärztl Z 30, 116 - 120 (1975).
Unland, H.
28. Osborne, J. Dental Technology and Materials for Students. Blackwell Scientific Publications, London 1976. S. 284.
Wilson, H. J.
Mansfield, M. A.
29. Przetak, Ch. Die Wiederherstellung des Zahnes durch Teil- oder Vollkronen. Dtsch Zahnärztl Z 36, 250 (1981).
30. Rateitschak, K. H. Parodontologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1978. S. 31 - 36.
Renggli, H. H.
Mühlemann, H. R.
31. Rehberg, H. J. Exakter Randschluß - was ist das? Dtsch Zahnärztl Z 26, 696 - 699 (1971).
32. Rehberg, H. J. Eine neue Methode zur Beurteilung der Paßfähigkeit von Gußkörpern. Dtsch Zahn Mund Kieferheilk, Bd. 49, H. I/10, 215 - 219 (1967).
33. Schwickerath, H. Über die Paßgenauigkeit von aufbrennkeramischen Kronen. Die Quintessenz der Zahntechnik H. 7, 27 - 33 (1978).
34. Schwickerath, H. Medizinische und technologische Aspekte dentaler Alternativlegierungen. Quintessenz-Verlags GmbH. (Berlin 1983), S. 119 - 129.
35. Sidler, P. In-Vivo-Untersuchung der Löslichkeit und des Abdichtungsvermögens von drei Befestigungszementen. Dtsch Zahnärztl Z 38, 564-570 (1983).
Strub, J. R.

36. Sobkowiak, E.-M. Indikation und Bewertung der Inlaybrücken. Dtsch. Zahnärztl Z 36, 260 - 261 (1981).
37. Sperner, F. Medizinische und technologische Aspekte dentaler Alternativlegierungen. Quintessenz-Verlags GmbH. (Berlin 1983) S. 77 - 82.
38. Tukey, J. W. The Problem of Multiple Comparisons. Ditto, Princeton University 1953. S. 396.
39. Voss, R. Der Kronenrand, in: Eichner, K. und Voss, R.: Diskussionen. Dtsch Zahnärztl Z 26, 742-757 (1971)
40. Wagner, E. Zusammenhang zwischen den Dimensionsänderungen der Einbettmasse und der Paßgenauigkeit von schematischen Kronenringen. Dtsch Zahnärztl Z 32, 949 - 951 (1977).
41. Weber, H. Medizinische und technologische Aspekte dentaler Alternativlegierungen. Quintessenz-Verlags-GmbH. (Berlin 1983), S. 41 - 68.
42. Weikart, P. Grenzen und Prüfung der Gußgenauigkeit. Dtsch Zahnärztl Z 12, 897 - 904 (1957).

Herrn Professor Dr. E. Kraft danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und seinen freundlichen Rat.

Mein Dank gilt ebenso Herrn Dr. Stümke, Degussa AG® Pforzheim, sowie deren Mitarbeitern für die Bereitstellung der technischen Geräte zur Durchführung der Versuche.

Mein Dank gilt auch Familie Kleeberg für die Drucklegung der Arbeit.

L e b e n s l a u f

Am 5. September 1953 wurde ich als Sohn des Ehepaares Wolf-Dietrich und Ellen Peters in Hamburg geboren.

Von 1960 bis 1964 besuchte ich die Volksschule in Lüneburg, anschließend das Gymnasium Johanneum in Lüneburg und legte dort das Abitur im Mai 1973 ab.

Meinen Wehrdienst leistete ich vom Oktober 1973 bis zum Oktober 1975 im Sanitätsbataillon 3, Hamburg.

Am 1.2.1976 begann ich eine Zahntechnikerlehre, die ich im September 1977 aufgab, um das Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität in München aufzunehmen.

Im Wintersemester 1977/78 begann ich das Studium der Zahnheilkunde, legte die naturwissenschaftliche Vorprüfung im Oktober 1978, die zahnärztliche Vorprüfung im April 1980 und die zahnärztliche Prüfung zwischen August 1982 und Januar 1983 an der Ludwig-Maximilians-Universität in München ab. Im Februar 1983 erhielt ich die Bestallung als Zahnarzt.

Vom April 1983 bis Februar 1984 arbeitete ich in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der ZMK-Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Seit Februar 1984 bin ich Assistent meines Vaters Wolf-Dietrich Peters in seiner Praxis in Lüneburg.

